

## SPIN VALVE ELEMENT

Patent Number: JP11307839  
Publication date: 1999-11-05  
Inventor(s): HASHIMOTO MINORU; TAKADA AKIO; TAKIGUCHI MASAFUMI  
Applicant(s): SONY CORP  
Requested Patent: ☐ JP11307839  
Application Number: JP19980106637 19980416  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L43/08 ; G11B5/39  
EC Classification:  
Equivalents:

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To allow stable use by raising exchange bias magnetic field without increasing the coercive force of a pin layer.

**SOLUTION:** A ferromagnetic layer 6 is provided on one main surface side of an antiferromagnetic layer 8, a soft magnetic layer 4 is provided on the side of the ferromagnetic layer 6 opposite to the side facing the antiferromagnetic layer 8, and the magnetic coupling energy of the antiferromagnetic layer 8, and the ferromagnetic layer 6 is set smaller than magnetic domain energy of the antiferromagnetic layer 8 so that exchange constant at the interface between the antiferromagnetic layer 8 and the ferromagnetic layer 6 is  $1 \times 10^{-3}$  (erg/cm) or less. It is preferred to provide a characteristics like that by inserting a non-magnetic layer 7 between the antiferromagnetic layer 8 and the ferromagnetic layer 6.

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-307839

(43)公開日 平成11年(1999)11月5日

(51)IntCl<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平10-106637

(22)出願日 平成10年(1998)4月16日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 橋本 実

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72)発明者 高田 昭夫

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72)発明者 瀧口 雅史

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

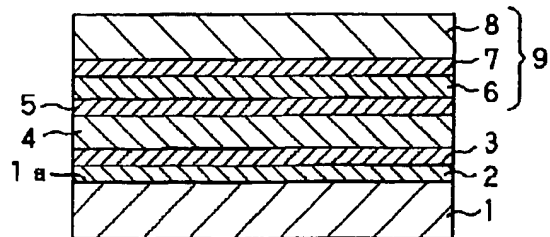
(74)代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54)【発明の名称】 スピンバルブ素子

(57)【要約】

【課題】 ビン層の保磁力を増大させることなく、交換バイアス磁界を高めて、安定した使用を可能とする。

【解決手段】 反強磁性層8の一主面側に強磁性層6を配し、上記強磁性層6の反強磁性層8との対向面と反対側に軟磁性層4を配し、上記反強磁性層8と強磁性層6の磁氣的結合エネルギーを反強磁性層8の磁区エネルギーよりも小さくし、反強磁性層8と強磁性層6の界面での交換定数を $1 \times 10^{-3}$  (erg/cm) 以下とする。上記反強磁性層8と強磁性層6の間に非磁性層7を介在させて、上記のような特性を満足することが好ましい。



1 : 基板

7 : 非磁性層

4 : 軟磁性層

8 : 反強磁性層

6 : 強磁性層

9 : ビン層

スピンバルブ素子の構成を示す断面図

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反強磁性層の一面側に強磁性層が配され、上記強磁性層の反強磁性層との対向面と反対側に軟磁性層が配されてなり、

上記反強磁性層と強磁性層の磁気的結合エネルギーが、反強磁性層の磁区エネルギーよりも小さく、反強磁性層と強磁性層の界面での交換定数が $1 \times 10^{-3}$  (erg/cm) 以下であることを特徴とするスピバルブ素子。

【請求項2】 上記反強磁性層と強磁性層の間に非磁性層が介在することを特徴とする請求項1記載のスピバルブ素子。

【請求項3】 上記強磁性層が、異方性磁界が100 (Oe) 以下の軟磁気特性を有し、膜厚が100 (nm) 以下である強磁性層であることを特徴とする請求項1記載のスピバルブ素子。

【請求項4】 上記強磁性層が、保磁力が100 (Oe) 以上の硬磁気特性を有し、膜厚が100 (nm) 以下である強磁性層であることを特徴とする請求項1記載のスピバルブ素子。

【請求項5】 上記反強磁性層が、交換定数が $1 \times 10^{-10}$  (erg/cm) 以上であり、異方性エネルギーが $1 \times 10^3$  (erg/cm<sup>3</sup>) 以上であり、強磁性層との対向面側で磁気構造が強磁性配列している反強磁性層であることを特徴とする請求項1記載のスピバルブ素子。

【請求項6】 上記反強磁性層が、交換定数が $1 \times 10^{-9}$  (erg/cm) 以上であり、異方性エネルギーが $1 \times 10^4$  (erg/cm<sup>3</sup>) 以上であり、強磁性層との対向面側で磁気構造が反強磁性配列している反強磁性層であることを特徴とする請求項1記載のスピバルブ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、反強磁性層の一面側に強磁性層が配され、上記強磁性層の反強磁性層との対向面と反対側に軟磁性層が配されてなるスピバルブ素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、MRヘッドと称する。）は、例えば、ハードディスクドライブ等の磁気記録再生装置において再生用磁気ヘッドとして用いられている。

【0003】 そして、このMRヘッドに組み込まれる磁気抵抗効果素子として、スピバルブ素子が多用されている。上記スピバルブ素子は、ピン（磁化固定）層とフリー（自由）層の2層を有してなるものであり、ピン層によってフリー層の磁化の向きを固定し、スピバルブ素子の動作点を固定している。

【0004】 なお、上記フリー層は軟磁性層により形成され、一方のピン層は、反強磁性層と強磁性層が積層し

て形成されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上述のようなスピバルブ素子においては、安定した使用のために、そのピン層において、交換バイアス磁界 $H_{ex}$ が大であること、保磁力 $H_c$ が小であることが求められている。一般に、上記交換バイアス磁界 $H_{ex}$ は反強磁性層と強磁性層の界面の磁気的結合エネルギーに比例する。このため、交換バイアス磁界を大とするには、上記反強磁性層と強磁性層の界面の磁気的結合を大とする必要がある。

【0006】 しかしながら、上記のように反強磁性層と強磁性層の界面の磁気的結合をあまり大きいものとする、反強磁性層の磁区エネルギーよりも大きくなってしまい、反強磁性層表面のスピンが強磁性層のスピンに引きずられて回転し、反強磁性層の磁化の回転が発生する。この結果、交換バイアス磁界が小さくなるとともに、保磁力が増大する。

【0007】 実際の上記のようなスピバルブ素子においては、反強磁性層と強磁性層を連続成膜して直接積層形成しており、面方向において磁気的結合エネルギーの大きさがばらつき、交換バイアス磁界が大となる領域と交換バイアス磁界が小となり保磁力が大となる領域が形成されてしまう。そして、磁気的結合エネルギーが大きく、上記交換バイアス磁界が小となり保磁力が大となる領域が広範囲となると、上記のように保磁力が増大してしまう。

【0008】 例として反強磁性層として厚さ10 (nm) のRhMn層を形成し、その上に強磁性層として厚さ20 (nm) のNiFe層を形成したピン層のMHカーブを図5に示すが、この場合は磁気的結合エネルギーが大きく、交換バイアス磁界が小となり保磁力が大となって交換バイアスに寄与しない領域が広範囲となっているため、保磁力 $H_c$ が大となっている。

【0009】 このことから、スピバルブ素子の安定した使用のためには、ピン層において交換バイアス磁界が小となり保磁力が大となる領域を最小限に抑え、ピン層の保磁力を増大させることなく、交換バイアス磁界を高めることが必要である。

【0010】 そこで、本発明は従来の実状に鑑みて提案されたものであり、ピン層の保磁力を増大させることなく、交換バイアス磁界を高めて、安定した使用が可能とされるスピバルブ素子を提供することを目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】 上記のようにピン層の保磁力を増大させることなく、交換バイアス磁界を高めるためには、交換バイアス磁界が小となり保磁力が大となる領域を最小限に抑えるべく、反強磁性層と強磁性層の磁気的結合エネルギーを反強磁性層の磁区エネルギーよりも小さくする必要がある。

【0012】すなわち、本発明に係わるスピバルブ素子は、反強磁性層の一主面側に強磁性層が配され、上記強磁性層の反強磁性層との対向面と反対側に軟磁性層が配されてなり、上記反強磁性層と強磁性層の磁気的結合エネルギーが、反強磁性層の磁区エネルギーよりも小さく、反強磁性層と強磁性層の界面での交換定数が $1 \times 10^{-3}$  (erg/cm) 以下であることを特徴とするものである。

【0013】そして、上記本発明に係わるスピバルブ素子においては、上記反強磁性層と強磁性層の間に非磁性層を介在させて、上記のような特性を満足することが好ましい。

【0014】上記のような反強磁性層と強磁性層の積層界面での交換定数を $A_i$ 、格子定数を $a$ とすると、単位面積当たりの磁気的結合エネルギーは $\Delta\sigma_i = 2A_i/a$ で表される。また、反強磁性層の交換定数を $A_{AF}$ 、異方性エネルギーを $K_{AF}$ とすると、反強磁性層の磁区エネルギーは $\Delta\sigma_{AF} = 4\sqrt{(A_{AF}K_{AF}/\pi^2)}$ で表される。これらを積層した状態で交換バイアス特性に保磁力 $H_c$ が現れずに、交換バイアス磁界 $H_{ex}$ のみが現れるためには、 $\Delta\sigma_i < \Delta\sigma_{AF}$ である必要がある。この状態では、反強磁性層のスピンは強磁性層のスピン向きとは無関係に初期着磁方向を維持し、交換バイアスを与える。なお、上記反強磁性層と強磁性層の界面での交換定数が $1 \times 10^{-3}$  (erg/cm) よりも大であると、上記条件を満たすことは難しい。

【0015】また、上記本発明のスピバルブ素子においては、上記強磁性層が、異方性磁界が100 (Oe) 以下の軟磁気特性を有し、膜厚が100 (nm) 以下である強磁性層である、或いは保磁力が100 (Oe) 以上の硬磁気特性を有し、膜厚が100 (nm) 以下である強磁性層であることが好ましい。

【0016】さらに、上記本発明のスピバルブ素子においては、上記反強磁性層が、交換定数が $1 \times 10^{-10}$  (erg/cm) 以上であり、異方性エネルギーが $1 \times 10^3$  (erg/cm<sup>3</sup>) 以上であり、強磁性層との対向面側で磁気構造が強磁性配列している反強磁性層である、或いは交換定数が $1 \times 10^{-9}$  (erg/cm) 以上であり、異方性エネルギーが $1 \times 10^4$  (erg/cm<sup>3</sup>) 以上であり、強磁性層との対向面側で磁気構造が反強磁性配列している反強磁性層であることが好ましい。

【0017】本発明に係わるスピバルブ素子は、反強磁性層の一主面側に強磁性層が配され、上記強磁性層の反強磁性層との対向面と反対側に軟磁性層が配されてなり、上記反強磁性層と強磁性層の磁気的結合エネルギーが、反強磁性層の磁区エネルギーよりも小さく、反強磁性層と強磁性層の界面での交換定数が $1 \times 10^{-3}$  (erg/cm) 以下とされているので、反強磁性層表面のスピンが強磁性層のスピンに引きずられて反強磁性層の磁化が回転することがなく、交換バイアス磁界が小さくな

ることがなく、保磁力が増大することもない。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

【0019】本発明に係わるスピバルブ素子は、反強磁性層の一主面側に強磁性層が配され、上記強磁性層の反強磁性層との対向面と反対側に軟磁性層が配されてなり、上記反強磁性層と強磁性層の磁気的結合エネルギーが、反強磁性層の磁区エネルギーよりも小さく、反強磁性層と強磁性層の界面での交換定数が $1 \times 10^{-3}$  (erg/cm) 以下であることを特徴とするものである。

【0020】そして、上記本発明に係わるスピバルブ素子においては、上記反強磁性層と強磁性層の間に非磁性層を介在させて、上記のような特性を満足することが好ましい。

【0021】上記のような反強磁性層と強磁性層の積層界面での交換定数を $A_i$ 、格子定数を $a$ とすると、単位面積当たりの磁気的結合エネルギーは $\Delta\sigma_i = 2A_i/a$ で表される。また、反強磁性層の交換定数を $A_{AF}$ 、異方性エネルギーを $K_{AF}$ とすると、反強磁性層の磁区エネルギーは $\Delta\sigma_{AF} = 4\sqrt{(A_{AF}K_{AF}/\pi^2)}$ で表される。これらを積層した状態で交換バイアス特性に保磁力 $H_c$ が現れずに、交換バイアス磁界 $H_{ex}$ のみが現れるためには、 $\Delta\sigma_i < \Delta\sigma_{AF}$ である必要がある。この状態では、反強磁性層のスピンは強磁性層のスピン向きとは無関係に初期着磁方向を維持し、交換バイアスを与える。なお、上記反強磁性層と強磁性層の界面での交換定数が $1 \times 10^{-3}$  (erg/cm) よりも大であると、上記条件を満たすことは難しい。

【0022】本発明を適用したスピバルブ素子の具体的な例としては、図1及び図2に示すような構造のものが挙げられる。

【0023】すなわち、図1に示すように、基板1の一主面1a側に絶縁膜2、下地膜3が形成され、その上にフリー層となる軟磁性層4が形成されてなり、上記軟磁性層4上に非磁性膜5を介して、強磁性層6、非磁性層7、反強磁性層8が順次積層されてなるピン層9が形成された構成のものが挙げられる。

【0024】また、図2に示すように、基板11の一主面11a側に絶縁膜12、下地膜13が形成され、その上に反強磁性層18、非磁性層17、強磁性層16が順次積層されてなるピン層19が形成されてなり、その上に非磁性層15を介してフリー層となる軟磁性層14が形成された構成のものが挙げられる。

【0025】また、上記本発明のスピバルブ素子においては、上記強磁性層が、異方性磁界が100 (Oe) 以下の軟磁気特性を有し、膜厚が100 (nm) 以下である強磁性層である、或いは保磁力が100 (Oe) 以上の硬磁気特性を有し、膜厚が100 (nm) 以下である強磁性層であることが好ましい。

【0026】さらに、上記本発明のスピンバルブ素子においては、上記反強磁性層が、交換定数が $1 \times 10^{-10}$  (erg/cm) 以上であり、異方性エネルギーが $1 \times 10^3$  (erg/cm<sup>3</sup>) 以上であり、強磁性層との対向面側で磁気構造が強磁性配列している反強磁性層である、或いは交換定数が $1 \times 10^{-9}$  (erg/cm) 以上であり、異方性エネルギーが $1 \times 10^4$  (erg/cm<sup>3</sup>) 以上であり、強磁性層との対向面側で磁気構造が反強磁性配列している反強磁性層であることが好ましい。

【0027】本発明に係わるスピンバルブ素子は、反強磁性層の一主面側に強磁性層が配され、上記強磁性層の反強磁性層との対向面と反対側に軟磁性層が配されてなり、上記反強磁性層と強磁性層の磁氣的結合エネルギーが、反強磁性層の磁区エネルギーよりも小さく、反強磁性層と強磁性層の界面での交換定数が $1 \times 10^{-3}$  (erg/cm) 以下とされているので、反強磁性層表面のスピンが強磁性層のスピンに引きずられて反強磁性層の磁化が回転することがなく、交換バイアス磁界が小さくなることなく、保磁力が増大することなく、安定した使用が可能である。

【0028】上述のように反強磁性層と強磁性層間に非磁性層を介することで、上記のような特性を確保しようとする場合、界面全体の磁氣的結合エネルギーを低下させることとなる。

【0029】実際のスピンバルブ素子においては、前述のように反強磁性層と強磁性層の磁氣的結合エネルギーは面方向にばらつきを有するため、元々、界面の磁氣的結合エネルギーが反強磁性層の磁区エネルギーよりも小さい領域においては、磁氣的結合エネルギーが益々小さくなってしまふ。このため、この領域では交換バイアス磁界が減少してしまうが、他の領域で交換バイアスに寄与しない領域が著しく低減されるため、結果的には界面の面方向の平均的な交換バイアス磁界はさほど低下しない。このため、本発明に係わるスピンバルブ素子においては、安定した使用が可能である。

【0030】なお、本発明のスピンバルブ素子においては、非磁性層を介して積層した反強磁性層と強磁性層を動作点バイアスに使用した場合、自由層の安定化に使用した場合の何れにおいても、スピンバルブ素子を安定して使用することが可能であり、これを使用したMRヘッドの安定性を高めることが可能である。

【0031】また、本発明は、磁気抵抗効果を利用した磁気センサーにも適用可能であり、この場合にも安定性の向上が可能である。

【0032】

【実施例】次に、本発明の効果を確認するべく、以下に示すような実験を行った。

【0033】(実験例1) 本実験例においては、反強磁性層と強磁性層間に非磁性層を介在させることの効果を確認することとした。

【0034】反強磁性層として厚さ10 (nm) のRhMn層を形成し、その上に強磁性層として厚さ20 (nm) のNiFe層を非磁性層として厚さ2.5 (nm) のRu層を介して形成して積層膜を形成し、そのMHカーブを調査した。結果を図3に示す。

【0035】この積層膜は先に図5にMHカーブを示したピン層と略同様の構成を有し、反強磁性層と強磁性層間に非磁性層を介在させたものである。

【0036】図3と図5の結果を比較してわかるように、非磁性層を介在させることにより、保磁力が抑えられるとともに、十分な交換バイアス磁界が確保されている。これは、上記反強磁性層と強磁性層の磁氣的結合エネルギーが、反強磁性層の磁区エネルギーよりも小さくなるためである。すなわち、本発明を適用することにより、反強磁性層と強磁性層の積層膜において、保磁力が抑えられるとともに、十分な交換バイアス磁界が確保され、スピンバルブ素子を十分に安定して使用することが可能であることが確認された。

【0037】(実験例2) 本実験例においては、反強磁性層と強磁性層間に介在する非磁性層の厚さを変化させてその効果について調査した。

【0038】すなわち、先に図1に示したスピンバルブ素子と略同様の構成のスピンバルブ素子を反強磁性層と強磁性層間の非磁性層の厚さを変更して数種類製造した。ただし、本例においては、基板1上の絶縁膜2と下地膜3を省いた構成とした。

【0039】具体的には、基板1としてガラス基板を使用し、フリー層である軟磁性膜4として厚さ5 (nm) のTa膜を形成し、非磁性膜5として厚さ10 (nm) のCu膜を形成し、ピン層9を形成する強磁性層6として厚さ10 (nm) のCoFe膜を形成し、ピン層9を形成する非磁性層7として所定の厚さのRu膜を形成し、ピン層9を形成する反強磁性層8として厚さ12 (nm) のRhMn膜を形成することとした。なお、ここでは、上記反強磁性層8の上に厚さ10 (nm) のTa膜を形成することとした。

【0040】そして、上記各層をDCマグネトロンスパッタリングによりガラス基板である基板1上に順次形成することとした。成膜は、背圧を $2 \times 10^{-5}$  (Pa) とし、投入電力を30~300 (W) とし、スパッタガスをガス圧0.6 (Pa) のアルゴンガスとし、基板温度を80 (°C) 以下として行った。なお、上記RhMnの組成はRhが17 (原子%)、Mnが83 (原子%) で含まれるものとし、上記CoFeの組成はCoが90 (原子%)、Feが10 (原子%) で含まれるものとした。

【0041】このようにして形成した各スピンバルブ素子に対し、200~300 (°C) の温度下で磁界アニールを行い、交換バイアス特性を付与した。続いて、試料振動式磁気特性測定器 (VSM) を用いて各スピンバル

ブ素子のMHカーブを測定し、交換バイアス磁界 $H_{ex}$ と保磁力 $H_c$ を求めた。結果を図4に示す。図4中横軸は反強磁性層と強磁性層間の非磁性層の厚さを示し、縦軸は磁界を示す。また、図3中●は各スピンバルブ素子の交換バイアス磁界 $H_{ex}$ を示し、図3中○は各スピンバルブ素子の保磁力 $H_c$ から強磁性層である厚さ10 (nm)のCoFe膜単体の保磁力を差し引いた値(以下、 $H_c - H_c(\text{CoFe})$ と称する。)を示す。

【0042】図4の結果を見て明らかなように、反強磁性層と強磁性層を非磁性層を介して積層した積層膜の保磁力をCoFe膜単体の保磁力よりも小さくすることは不可能である。

【0043】また、非磁性層であるRu膜の膜厚が増加すると、強磁性層であるCoFe膜と反強磁性層であるRhMn膜の原子間距離が増加するため、これらの間の磁気結合が減少する。このため、交換バイアス磁界 $H_{ex}$ が減少するが、保磁力 $H_c$ も減少している。図4中の非磁性層の例えば厚さが零(nm)の場合と0.2(nm)の場合を比較すると、交換バイアス磁界 $H_{ex}$ が半減しているのに対し、 $H_c - H_c(\text{CoFe})$ は1/3に減少している。すなわち、非磁性層を形成し、その厚さを厚くすることにより、交換バイアス磁界 $H_{ex}$ が減少する割合よりも保磁力 $H_c$ が減少する割合が大きくなっている。

【0044】言い換えれば、本発明のスピンバルブ素子のように、反強磁性層と強磁性層間に非磁性層を介在させれば、反強磁性層と強磁性層の界面の磁気的結合エネルギーが反強磁性層の磁区エネルギーよりも小さくなり、保磁力のみが現れる領域が抑えられ、交換バイアス磁界が小さくなることなく、保磁力が増大することとな

く、スピンドル素子が安定して使用されることが確認された。

【0045】

【発明の効果】上述のように、本発明に係るスピンバルブ素子は、反強磁性層の一主面側に強磁性層が配され、上記強磁性層の反強磁性層との対向面と反対側に軟磁性層が配されてなり、上記反強磁性層と強磁性層の磁気的結合エネルギーが、反強磁性層の磁区エネルギーよりも小さく、反強磁性層と強磁性層の界面での交換定数が $1 \times 10^{-3} (\text{erg/cm})$ 以下とされているので、反強磁性層表面のスピンが強磁性層のスピンに引きずられて反強磁性層の磁化が回転することがなく、交換バイアス磁界が小さくなることなく、保磁力が増大することもなく、安定した使用が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るスピンバルブ素子の構成の一例を示す断面図である。

【図2】本発明に係るスピンバルブ素子の構成の他の例を示す断面図である。

【図3】本発明に係るスピンバルブ素子のMHカーブを示す特性図である。

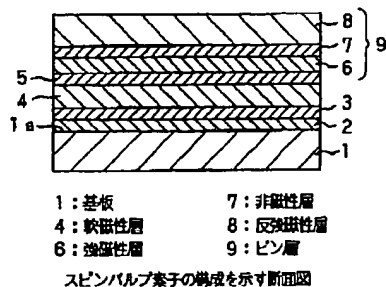
【図4】本発明に係るスピンバルブ素子の非磁性層の厚さと交換バイアス磁界及び保磁力の関係を示す特性図である。

【図5】従来のスピンバルブ素子のMHカーブを示す特性図である。

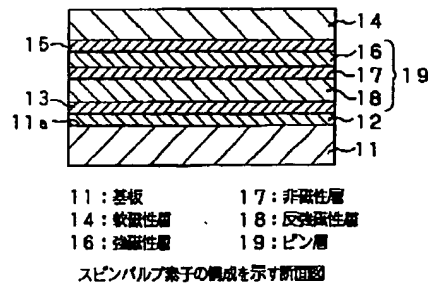
【符号の説明】

1, 11 基板、4, 14 軟磁性層、6, 16 強磁性層、7, 17 非磁性層、8, 18 反強磁性層、9, 19 ピン層

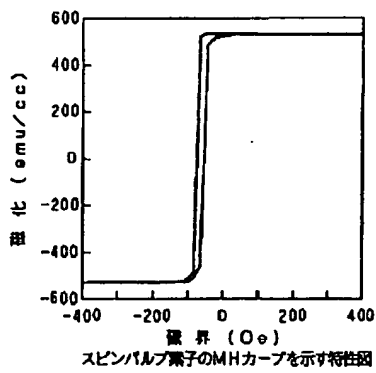
【図1】



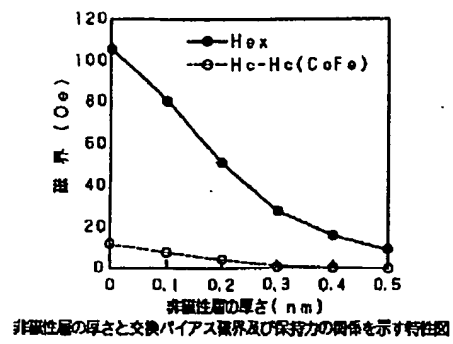
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

